P300 Speller における視野情報受容量の違いを考慮した特徴抽出方法の検討

◎伊藤裕紀，堀潤一(新潟大学大学院自然科学研究科)

1. はじめに

末期 ALS 患者などの残存機能が極端に少なく，動作や会話による情報伝達が困難な患者のためのコミュニケーション支援機器として，脳活動を用いたインタフェース(BMI : Brain-Machine Interface)が注目されている．代表的な BMI として，事象関連電位(ERP : Event-related Potential)を用いた方法がある．ERP とは，光や音などの刺激や手指の屈伸運動などの特定の事象に関連して生じる脳電位である．ERP は背景脳波と比べて振幅が小さいため 1 試行毎に観察することは難しいが，加算平均を行うことで刺激後約 300ms に現れる陽性電位 P300 は比較的検出しやすい．しかし，実際の P300 は潜時の揺れが生じるため，この揺れを考慮した加算平均を行う必要がある．

本論文では，P300 Speller に代表される 6 行 6 列のマトリックスのスクリーンキーボードにおいて文字選択の確度向上のために適切な特徴抽出方法として相関フィルタ加算平均法を提案した．そして，注視位置及び周辺位置とその他の特徴量の違いを考慮した重心による判別方法を提案し，文字選択確度を評価した．

2. 方法

2.1 実験

被験者は 20 代健常男性 5 名で，実験を行うにあたり事前に実験の趣旨を説明し，同意を得た．計測システムの概要を図 1 に示す．被験者の前方 0.85m に置かれた PC ディスプレイ上に 6 行 6 列マトリックスの行または列の背景色を変化させた視覚刺激を提示した．被験者は選択した文字を注視し，背景色が変化した回数をカウントした．変化させる行と列はランダムとした．文字背景色は白色で，文字色は黒色，刺激時の背景色は緑色とした．刺激提示時間は 100ms で，刺激間隔 300ms とした．このとき発生する ERP を検出し，どの文字を注視しているかを判定することにより文字出力システムを構築した．

脳波計測には多チャンネルデジタル脳波計(日本光電社 EEG-1100)を用いた．サンプリング周波数 1000Hz，高域遮断周波数 120Hz，低域遮断周波数 0.53Hz とし，測定部位は国際 10-20 国際法に基づき，耳朶の 2 電極を基準電極とし，頭部 19 電極において計測した．

選択する文字位置の違いを確認するために選択する文字は四隅の一角に位置する「A」，中心に位置する「P」，外周と中心の中間に位置する「1」の 3 種類について実験を行った．被験者に慣れを感じさせないようにするために選択する文字をランダムに設定し，各々50 試行分の脳波を計測した．

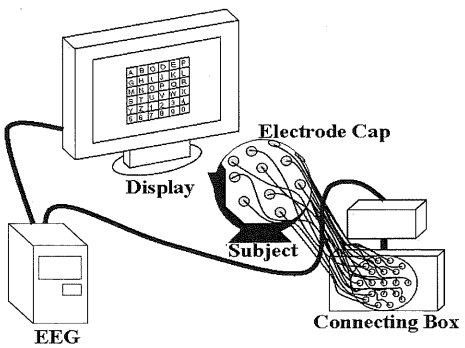


図 1. BMI システム

2.2 脳波解析

刺激前 100ms から刺激後 500ms までの脳波データを行列ごとに切り出し，0.53～7Hz のバンドパスフィルタを施した．眼球運動や体動などのアーチファクトが検出された試行は除外した．前処理後のデータに対して，単純加算平均及び相関フィルタ加算平均を適用した．相関フィルタ加算平均は次の手順で行った [1-2]．P300 を推定するための 1 次テンプレートとして 2Hz の sin 波の半同期分(250ms)を用いた．各試行の波形データ上でテンプレートを 1ms ごとシフトさせ，テンプレートと波形データとの積率相関係数を算出した．最大の相関係数が得られた点を求めて，推定頂点潜時とした．推定頂点潜時に基づき加算平均を行った．2 試行目からは潜時調整加算平均波形の頂点の前後 125ms を切り出し，新しいテンプレートとして以上の手順を繰り返した．

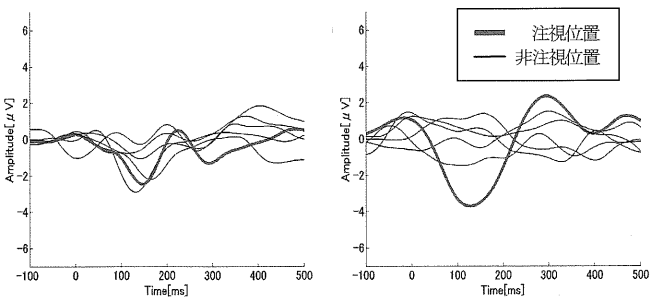
加算平均後のデータから約 200ms に現れる陰性電 N200 と P300 を検出し，ピーク法を用いてこれを特徴量とした．注視位置と非注視位置の特徴量の違いを定量的に評価した．次に，特徴量を用いて選択位置の特定を行った．選択位置の特定には重心による判別法を用いた．重心を求める特徴量は行選択時及び列選択時の特徴ベクトルから 36 文字分の特徴ベクトルを算出した．

$$F(i,j)=\frac{A_i/\max(A_i)+A_j/\max(A_j)}{2} \quad (i,\ j\ =1,2,\ldots,6)$$

求めた 36 文字分の特徴ベクトルにより重心と判別された位置を選択文字として確度を算出した．全試行数は 40 回，求める選択確度は 1 波形から 5 波形の加算平均までとした．

3. 結果・考察

単純加算平均，相関フィルタ加算平均結果を図 2 に示す．相関フィルタ加算平均法を用いることで注視位置の P300 と N200 の特徴を明瞭に補正できた．さらに，注視位置だけでなく，その周辺位置でも大きい特徴量を得ることができた．注視位置と周辺位置の特徴量の大きさを用いて重心による判別を行ったことにより，少ない加算平均回数でも文字選択確度の向上ができた．



(a) 単純加算平均　　(b) 相関フィルタ加算平均

図 2. 加算平均結果

参考文献

1. C. D. Woody : “Characterization of an Adaptive Filter for the Analysis of Variable Latency Neuroelectric Signals”, Med & biol. Eng. Vol.5, pp. 539-553 (1967)

2. 入戸野宏 “刺激の分類判断における心的表象の研究 脳生理心理学的アプローチ”, (1998)